

非エルミート・エルミート結合制御に基づく 自由空間結合型偏光可変フォトニック結晶の設計

Design of free-space-coupled photonic crystals with variable beam polarization via non-Hermitian/Hermitian control.

京大院工, [○]金坂知樹, 井上卓也, 吉田昌宏, 野田進

Kyoto Univ., [○]T. Kanesaka, T. Inoue, M. Yoshida, S. Noda

E-mail: kanesaka@nano.kuce.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuce.kyoto-u.ac.jp

[序] フォトニック結晶は放射損失に起因する非エルミート性を発現するため、非エルミート系特有の物理現象を観測・活用するための有用な舞台となりうる。これまで、我々は、 180° 回折を表すエルミート結合係数 κ_{1D} を抑制しつつ、 90° 回折を表すエルミート結合係数 κ_{2D} と非エルミート結合係数 μ の空間制御（変調）を導入したフォトニック結晶において、自由空間から垂直入射したガウスビームを、任意の強度分布をもつ放射ビームへと高効率に変換可能であることを提案した^{1,2)}。今回、上記のフォトニック結晶をさらに発展させることにより、出射ビームの偏光状態の可変制御をも可能とする2次元フォトニック結晶の設計を行ったので報告する。

[設計結果] 提案する偏光可変フォトニック結晶全体の模式図を Fig. 1(a)に示す。本構造は、 45° 直線偏光の垂直入射光を偏光分離して面内へ回折させ（領域①）、面内 90° 回折（領域②）および位相調整（領域③）を行った後、再度偏光合波して面外へ出射する（領域④）素子である。本素子は、偏光分離した片側の経路の位相変化量を領域③において、ヒーター等で制御することで、出射偏光状態（直線偏光および円偏光）を制御可能である。まず、各領域のフォトニック結晶に求められる結合係数の条件の導出を行った結果、 90° 回折領域（領域②）では、 κ_{1D} 、 μ と比較して κ_{2D} が大きな4回対称構造が必要であり、偏光分離領域（領域①④）では、 κ_{1D} 、 κ_{2D} と比較して μ が大きな4回対称構造が必要であることが明らかとなった²⁾。そこで、上記の条件を満たす具体的なフォトニック結晶として、多重格子変調フォトニック結晶の設計を検討した。設計構造の模式図を Fig. 1(b)(c)の左図に示す。本構造の単位格子は、計 16 個の空孔から構成される構造であり、各空孔の面積変調比率を C_r 、平均面積を S として、Fig. 1(b)では $(1+C_r)S$ (青) および $(1-C_r)S$ (黄) の2段階に、Fig. 1(c)では、 $(1+C_r)S$ 、 $(1-C_r)S$ 、 S (緑)の3段階で変化させている。Fig. 1(b)の構造では、 x 方向および y 方向に $a/4$ 離れた空孔同士で κ_{1D} の相殺が生じ、 x 方向および y 方向に $a/2$ だけ離れた空孔同士で μ の相殺が生じるため、変調比率 C_r を変化させると、同右図に示すように、 κ_{2D} のみを連続的に制御可能である。同様に、Fig. 1(c)に示した構造でも、 κ_{1D} の相殺が生じ、主に μ を連続的に制御可能である。なお、Fig. 1(a)に提案した構造において、結合係数の適切な空間変調²⁾を組み合わせれば、出射偏光状態とビーム形状を同時に変換可能になることも期待され、その詳細な解析結果は当日報告する。**[謝辞]** 本研究の一部は科研費（22H04915, 24H00430）の支援を受けた。**[文献]** 1) 井上他, 2023 年秋応物 21p-A308-10. 2) 金坂他, 2024 年春応物 22p-11E-3.

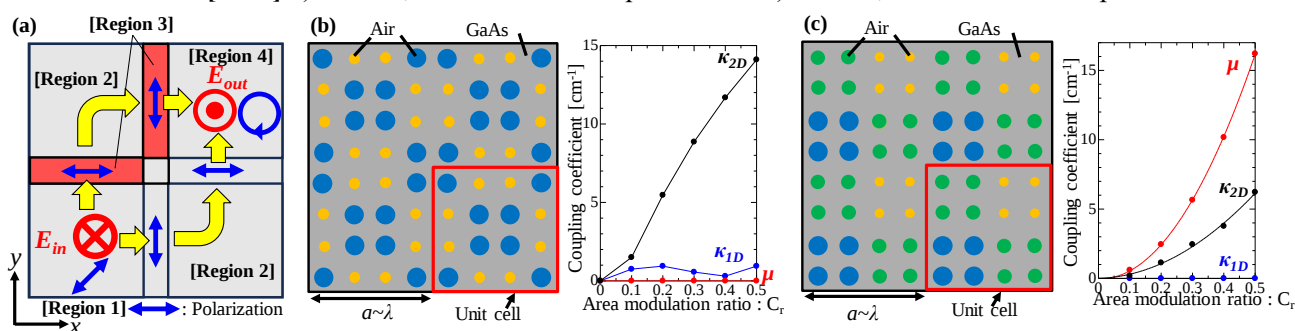


Fig 1. (a) Schematic of the proposed photonic crystal for beam-polarization conversion. (b) Design of multi-lattice photonic crystals with controllable 2D coupling coefficients. (c) Design of multi-lattice photonic crystals with controllable non-Hermitian coupling coefficients.